

情報通信システムにおけるプロトコルの実装方式に関する研究

著者	井出口 哲夫
号	1372
発行年	1992
URL	http://hdl.handle.net/10097/10179

氏 名	井 手 口 哲 夫
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学 位 授 与 年 月 日	平 成 5 年 3 月 18 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 47 年 3 月 電気通信大学電気通信学部通信工学科卒業
学 位 論 文 題 目	情報通信システムにおけるプロトコルの実装 方式に関する研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 野口 正一 東北大学教授 高木 相 東北大学教授 白鳥 則郎

論 文 内 容 要 旨

情報通信システムは、コンピュータネットワークによる分散処理システムとしてデータリンク伝送技術やパケット交換技術によって広域ネットワークを中心に発展し、またオフィス情報処理系での分散処理技術の進展に加えLAN技術の発展によって情報化社会の基盤技術として中枢的存在である。このような情報通信システムにおいては、各種のコンピュータや端末装置との相互接続技術およびLANと広域ネットワークとの相互接続技術が重要な研究課題となっている。すなわち、通信の相互接続性は、通信する主体、例えばコンピュータや端末装置、さらに通信の仲介者となる各種の中継装置などが実行する通信のやり取りの決まりであるプロトコルに関する技術が重要である。

このプロトコルに関する研究は、異機種間接続を実現するためのOSI（開放型システム間相互接続）参照モデルとそれに基づく各種の標準プロトコルの開発とともに進められているが、特に、通信ネットワークの構築においてはプロトコルの実装方式の確立が重要な課題となる。

このような背景のもとに、本論文では、情報通信システムにおけるプロトコルの実装方式に関して、プロトコル変換方式、標準プロトコル実装と性能評価およびプロトコルの高速化実装方式について研究成果をまとめたものである。

第1章では、本研究の背景となる情報通信システムの構築技術、ネットワークアーキテクチャ及びプロトコル実装技術について概観し、プロトコル実装方式に関する研究課題について述べる。

第2章では、プロトコル変換方式について3以上の異なるプロトコルを対象とする汎用的なプロトコル変換方式を提案し、その方式に基づくプロトコル変換装置の実装方式について述べ、更に提案したプロトコル変換方式の評価について論じた。

プロトコル変換技術は、プロトコルの標準化が行われたとしても既存のプロトコルを使用するコンピュータや端末装置等との各種プロトコルとの共存と相互接続性のために欠かすことのできない技術である。

ここで提案したプロトコル変換方式は、階層型プロトコルをネットワーク層を境界として下位層と上位層に分割して変換する層群対応変換法を導入し、下位層の変換方式として標準のネットワーク層プロトコルである X. 25 パケットレベルプロトコルを共通プロトコルとする間接変換方式を採用している。また、上位層の変換方式としては応用処理に強く依存するため直接変換方式を採用し、下位層の間接変換機能および複数の上位層の直接変換機能を動的に組合せ可能とする変換スケジューリング機構を兼ね備える点等を特徴としている。

提案したプロトコル変換方式のネットワークプロトコルは X. 25 パケットレベルプロトコルを共通プロトコルとするものであり、LAN の機能標準として採用されているネットワークコネクションレスプロトコルを含む OSI 下位層との変換方式についてもその実装方式を提案した。また、本方式の性能評価方法として、変換処理にともなう内部に発生するインタラクションによるプロトコル処理負荷を評価基準とするプロトコル変換機能の通信オーバーヘッドを明らかにした。プロトコル変換の一般的な特性として二種類以上のプロトコルスタックを実行する必要性からプロトコル処理の高速化に関する研究課題が重要となり、この課題については本論文の第 4 章で論じた。

本提案方式を用いることにより、目的としていた 3 以上の異なるプロトコルを対象とした汎用性の高いマルチプロセッサ構成に基づくプロトコル変換装置を実現し、郵政省推奨パーソナルコンピュータ通信方式および各種 PAD（パケット組立・分解）機能への適用により、本方式の有効性が立証できた。

第 3 章では、標準プロトコルの実装方式として、ファクトリオートメーション用ネットワークの機能標準プロトコルである MAP 3.0（Manufacturing Automation Protocol）の規格に準拠する下位層（トランスポート層、ネットワーク層、データリンク層、物理層）の通信ボードを設計・試作し、その性能評価法について論じた。

標準プロトコルの性能評価モデルは、現在の OSI 標準プロトコルでは通信性能についてはなんら規定しておらず、全て実装にまかされているため、情報通信システムを構築する上で重要な課題である。

OSI 下位層プロトコルの通信ボードの実装方式として、本論文で提案した下位層と上位層とのインタフェースモデルに基づいた設計・試作を行った。

試作した通信ボードの性能測定結果から、OSI トランスポートプロトコルの性能特性（スループット、フロー制御および応答タイム等との関係）について明らかになった。

提案した性能評価モデルは、プロトコル実行性能を表すサービスプロバイザ性能と上位層とのインタフェース性能を含むサービス性能の関係を定義するものである。この性能評価モデルについては、試作した通信ボードの実験結果と提案した性能評価モデルに基づく性能評価式との比較結果より、その有効性が立証できた。

また、プロトコル実装方式の観点からすると、下位層プロトコルのサービス性能は、上位層との

インタフェースの実装に大きく影響を受け、プロトコルの実装におけるソフトウェアのプロトコル処理に加えて既存システムとのインタフェース実装方式が重要な要素であることが明らかになり、インタフェースおよびトランスポートプロトコルの性能向上のための実装方式に関する方策についても論じた。

第4章では、プロトコル実装方式に関する研究の一貫として階層型プロトコルの高速処理方式について、各層のプロトコルを並列に処理する並列処理方式およびOSI参照モデルの7階層プロトコル構造の一部のプロトコルを省略するプロトコルバイパス方式について論じた。

まず、OSIの階層型プロトコルの高速化実装方式として、OSI参照モデルの基本概念である各層の独立性、すなわちプロトコル処理のモジュラリティに着目して、各層のプロトコル処理をそれぞれのプロセッサに割り当て、並列処理する方式を提案した。

この並列処理方式を受信処理系に適用する場合について、受信データから各層のプロトコル制御情報を切り出し、対応するプロトコル処理に制御情報を分配する分配機能を新たに考案し、またプロトコル処理においては各層が並列に処理できる先行処理と一つ下位の層の処理完了を待って処理できる確定処理に分割する方式を導入している。

この並列処理方式について、従来の階層型プロトコル処理方式である直列処理方式とのシミュレーションによる性能評価結果から、この並列処理方式ではプロトコル処理において各層に独立して処理可能な先行処理が並列に処理されるため、トラフィック負荷量の変化に対して、直列処理方式より優れた特性を示すことが明らかになった。特に、先行処理の割合が大きいほど並列処理の効果が大きく、提案した並列処理方式は約2～3倍の性能上の優位性が確認できた。また、本並列処理方式に対する実装方式として、インタフェース処理の高速化およびプロトコル制御情報の高速分配転送に関して方策を論じた。

次に、階層型プロトコルの高速化実装方式として、OSIの7階層プロトコルを一部省略するプロトコルバイパス方式の性能特性を明らかにするため、MAPの性能改良アーキテクチャとして定義されているミニMAP（物理層、データリンク層、応用層）およびOSIの7階層プロトコルに準拠するフルMAPの応答時間測定を同一ハードウェアの元で試作し、その性能評価を行った。

プロトコルバイパス方式およびOSI7階層プロトコル方式の性能結果から下記に示す性能特性が明らかになった。

- ・プロトコルバイパス方式は、OSI7階層プロトコル方式に比べて平均約4倍の性能向上が期待できる。これは、省略したプロトコル処理に直接起因している。
- ・プロトコルバイパス方式およびOSI7階層プロトコル方式とも応用層のプロトコル処理時間が応答時間全体の50%～80%を占める。

以上、階層型プロトコルの高速化実装方式としてプロトコル並列処理方式とプロトコルバイパス方式に関する性能評価から、OSI参照モデルに準拠するプロトコル構造のもとで、プロトコル高速処理方式としての性能特性および実装方式上の要点を明らかにすることができた。

第5章では、結論として本研究の成果をまとめ、今後に残された課題について述べた。

審 査 結 果 の 要 旨

情報通信システムにおいて、ネットワークシステムを相互に確実に接続する問題は極めて重要である。このため、相互接続の確立に向けてプロトコルの標準化及び実装の研究が進められているが、高性能なプロトコルの実装方式については現在十分な成果は得られていない。著者は、プロトコル実装方式について研究し、実験によりその有効性を証明した。本論文はその結果をまとめたものであり、全編5章より成る。

第1章は序論である。

第2章では、3以上の異なるネットワークアーキテクチャに対するプロトコル変換方式を提案している。本研究の基本的な考え方は、階層化プロトコルをネットワーク層を境界として下位層と上位層に分割し、それぞれについて変換を行うことである。下位層については共通のプラットフォームを用いる変換、上位層については個別的な変換を行うことにより効率的な変換ができることを示した。これらは重要な成果である。

第3章では、ファクトリオートメーション（FA）ネットワークの標準プロトコルの実装方式について論じている。まず、プロトコル実装上の通信性能について実験に基づく性能特性を考察し、プロトコル実装設計におけるソフトウェア設計の基本問題を明確にしている。次に、プロトコルに関するサービス性能とプロバイダ性能の関係を与える通信性能評価モデルを提案し、このモデルの有効性を実験により確認している。これらの成果は、階層化プロトコルの性能特性を明かにしたもので興味深い結果である。

第4章では、階層化プロトコル処理性能の高速化のための実装方式について論じている。まず、階層化プロトコルの各プロトコルの独立性に着目した並列処理方式を提案し、シミュレーションによってこの方式の優位性を立証している。次に、階層化プロトコルの一部を省略するバイパス方式について考察し、特にFAネットワークの標準プロトコルの性能評価を実験により行い、バイパス方式の高速化の有効性を確認している。

第5章は結論である。

以上要するに、本論文は情報通信システムのプロトコル実装方式について詳細な研究を行い、高度な情報通信システム構成のための基礎を与えたもので、通信工学及び情報工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。